Aus dem Hygienischen Institut der Universität Frankfurt a. Main
Direktor: Professor Dr. Küster

Belüftung, Befeuchtung und Ionisation von Räumen und ihre Bedeutung für die Hygiene

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der Doktorwürde
in der gesamten Medizin der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Johann-Wolfgang-Goethe-Universität
zu Frankfurt am Main

vorgelegt von

KURT BODIEN

aus Straßburg i. E.

Frankfurt a. M., Juli 1939

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität zu Frankfurt am Main.

Dekan: Professor Dr. V. Schmieden.

Referent: Professor Dr. Küster.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Druck: H. Pabst, Frankfurt a. M., Frankenallee 68

In Dankbarkeit

meinen Eltern gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546401_0135

Seit altersher ist bekannt, daß die in der Atmosphäre ablaufenden Erscheinungen physikalischer und chemischer Natur in hohem Grad für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen von großer Bedeutung sind.

Der Mensch sah sich gezwungen, sich vor schädlichen Einflüssen der Witterung zu schützen und möglichst ganz von ihrem Wechsel unabhängig zu machen. Er tat dies durch den Bau von Wohnungen und Arbeitsräumen.

Da entsprechend der Entwicklung des Menschengeschlechtes, wie überhaupt aller irdischer Lebewesen, natürliche klimatische Verhältnisse im allgemeinen, d. h. abgesehen von den regelwidrigen Uebersteigerungen, die Gebundenheit an den Ort ihrer Entstehung vorausgesetzt, die gesundheitlich förderlichsten sein müssen, so müssen auch in den Wohnungen die erfahrungsgemäß willkommensten klimatischen Außenbedingungen angestrebt werden. Hieraus ergeben sich zwanglos die Forderungen nach Maßnahmen, die dem Menschen zur Erhaltung seines Wohlbefindens dienen und für ihn die Lebensbedingungen so gestalten, daß er in seinen physiologischen Funktionen nicht gestört wird.

Von der großen Zahl der klimatischen Außenbedingungen, die sicher auch heute noch zu einem erheblichen Teil der Erforschung bedürfen, sollen hier nur die Fragen der Belüftung, Befeuchtung und Ionisation von Wohnräumen vom heutigen Standpunkt der Hygiene (Gesundheitslehre) betrachtet werden.

Die Belüftung hat — auf einen einfachen Nenner gebracht — die Aufgabe, dem menschlichen Körper ständig eine chemisch und physikalisch bestens zusammengesetzte Luft zuzuführen.

In chemischer Beziehung enthält die Außenluft bekanntlich an wesentlichen Stoffen 21 Vol. % Sauerstoff, 79 Vol. % Stickstoff und 0,03 Vol. % Kohlensäure. Eine Reihe anderer Gase, wie Ozon, Edelgase usw. sind demgegenüber in verschwindend kleiner Menge vorhanden und uns in ihren Auswirkungen auf den menschlichen Körper noch nicht soweit bekannt, daß wir sie bei der Belüftung irgendwie praktisch in Ansatz bringen können. Bei der unendlichen Gesamtmasse der Außenluft kommen dort die Verschiebungen des Verhältnisses von Sauerstoff zum Kohlendioxyd sowie zum Stickstoffgehalt, durch Lebens- und dadurch bedingte chemische Umsetzungen auf der

Erde nicht zu praktischen Auswirkungen, so daß die Zusammensetzung der Außenluft als konstant gleichmäßig zu betrachten ist. Anders liegen jedoch die Verhältnisse in geschlossenen Wohn- und Arbeitsräumen, weil hier ein relativ hoher Verbrauch von Sauerstoff und eine entsprechend große Erzeugung von Kohlendioxyd besonders durch die Atmung der Insassen einem beschränkten Luftkubus des Raumes gegenübersteht. Und doch hat dieser Verbrauch bei hygienisch richtig bemessenem Rauminhalt zur Zahl der Insassen wohl nur wenig zu besagen. In Fällen, wo zahlreiche Menschen sich zusammen in größenbeschränkten Räumen aufhalten, treten mitunter bei einzelnen Individuen Symptome auf, die mit leichten bis schweren Vergiftungserscheinungen große Aehnlichkeit haben und sich in Unbehagen, Kopfschmerzen, Beklemmungen, Uebelkeit usw. äußern können. Zur Erklärung dieser Erscheinungen machte man hinsichtlich der Aehnlichkeit mit Erstickungserscheinungen die allzu hohe Ausnutzung des Sauerstoffs der Luft und demgemäß die Anreicherung mit Kohlendioxyd und anderen durch den Menschen produzierten Gasen verantwortlich. Eine Ansicht, die Brown-Séquard und d'Arsonval, Würtz, Merkel und Wolpert vertreten haben, die dabei diesen hypothetischen Gasen den Sammelnamen Anthropotoxine gaben. Eine große Anzahl von Nachuntersuchungen dieser Angaben, die für die Hygiene grundlegende Bedeutung besaßen, führten jedoch schließlich in chemisch-physikalischer Beziehung zu ganz anderen Resultaten. Dastre, Lehmann, Jessen, Peters, Bergez und Formanek fanden, daß zweifellos keine Atemgifte von den Menschen abgegeben werden, und daß die chemische Zusammensetzung der Luft durch den erhöhten Kohlensäuregehalt schlechthin nicht den Grund zu den Schädigungen allein bilden kann, sondern daß hierfür in der Hauptsache physikalisch-thermische Verhältnisse maßgebend sind. In diesem Sinne sprechen sich auch Flügge, Heymann und Paul aus, deren Schlußfolgerungen in der Forderung nach Lüftung zwecks besserer Entwärmung gipfeln.

Die Raumluft, die uns zur Atmung zur Verfügung steht, wurde besonders von Rubner nach allen Seiten hin untersucht, um einen Grund für die oft unzuträglichen Zustände zu finden und um die idealsten Bedingungen für die Schaffung eines gesunden Raumklimas zu erkennen.

Wenn in der Tat Beimengungen der Expirationsluft zur Inspirationsluft schädlich wirken könnten, dann müßten die Schäden sich noch viel öfter bemerkbar machen; denn in geschlossenem Raum reicht unter sonst ganz normalen Verhältnissen der Rhythmus der Atmung und die Stärke des Expirationsstromes nicht aus, um die ausgeatmete Luft völlig aus dem Bereich der nächsten Inspiration zu entfernen. So hat Lehmann gefunden, daß bei einer ruhig atmenden Person der

Kohlendioxydgehalt der Inspirationsluft denjenigen der Zimmerluft übertraf und zwar so, daß der Kohlendioxydgehalt der Zimmerluft 1—3 pro Mille und der Kohlendioxydgehalt der Inspirationsluft 5—8 pro Mille betrug und bei einer in völliger Ruhe liegenden Person um 6—7 pro Mille höher war. Es ruht also um den Menschen eine Schicht höherer CO_2-Konzentration — und nicht nur das, diese Schicht ist von einer höheren Temperatur und höheren Luftfeuchtigkeit, die von den beständigen Wärmeabgaben und Verdunstungsvorgängen des Körpers in ihren thermischen Verhältnissen abhängig war. Wenn die CO_2-Aufnahme in der Atmung giftig wirken soll, so müßte man also besonders in der Ruhe unter diesem Einfluß stehen und schwere Schäden an seiner Gesundheit erleiden (Jusatz). Es wurde einwandfrei erwiesen, daß durch den Stoffwechsel des Menschen keine gasförmigen Exkrete an die Umgebungsluft geliefert werden, welche die Bedeutung von Giften haben. Vielmehr ging aus allen Versuchen hervor, daß die auftretenden Störungen in der Hauptsache auf die thermischen Einflüsse der Umgebung und auf eine durch diese bedingte Wärmestauung zurückzuführen sind (Jusatz). Es ist also nicht die übermäßige CO_2-Retention und die eventuelle Giftwirkung, die in so hohem Maße schädigend wirkt, sondern die Behinderung des Körpers, die durch die Verbrennungsvorgänge im Körper gebildeten Wärmemengen abzugeben (Weiß, Schwarz).

Ueber die Größe der Wärmebildung sind wir durch eingehende Versuche hinreichend unterrichtet. Als stündliche Wärmeabgaben für den erwachsenen Mann gibt Benedict folgende Werte an:

	in Cal.
liegend	60
sitzend	63
stehend	66
lebhaft gehend	180
höchste körperliche Anstrengung .	660

Geistige Arbeit bewirkt nur eine ganz unwesentliche Steigerung der Verbrennungswärme. Daß sich aber auch bei dieser Art der Arbeit gewisse chemische Umsetzungen im Organismus abspielen, beweist z. B. die regelmäßige, wenn auch im Einzelfalle verschieden starke Zunahme des Phosphorsäuregehaltes im Blut (Kastner — Knipping). Selbst die erhebliche Steigerung der Wärmebildung infolge schwerer körperlicher Arbeit ist aber nahezu ohne Einfluß auf die Innentemperatur des Menschen, wenn er sich im geeigneten Medium befindet. Der menschliche Körper besitzt Einrichtungen, die die Wärmebildung sowohl als auch die Wärmeabgabe bestimmen — das Blut unter Mitwirkung des im Zwischengehirn gelegenen Wärmezentrums. Der Erregungszustand dieses Zentrums bleibt bei normaler Bluttemperatur konstant, wird bei sinkender Temperatur stärker und bei steigender

entsprechend geringer. Demzufolge wird im ersten Fall der Stoffwechsel lebhafter, im zweiten Fall wird er herabgesetzt.

Die Aenderungen der Wärmebildung — chemische Regelung genannt — spielen sich im Rahmen des Anpassungsvermögens des Körpers ab, die man durch zweckmäßige Kleidung und Wohnkultur erleichtern kann.

Steigende Körpertemperaturen führen zu den schon oben beschriebenen Erscheinungen echter Wärmestauungen, die sogar unmittelbar gefahrdrohend für das Leben werden können. Diesem Grenzzustand geht eine mehr oder weniger breite Zone thermischen Unbehagens voraus, wie es praktisch häufig die Folge eines Aufenthaltes in warmschwüler Luft ist (Flügge). Die beginnende Schwere einer derartigen klimatischen Belastung für den Körper verrät sich auch bei der Wasserdampfausscheidung durch die Lunge. Sie nimmt beim Auftreten von Kältegefühl deutlich zu und beim Einsetzen von Wärmegefühl ebenso deutlich ab, denn in feuchter Luft wird die Atmung flacher und lebhafter als in trockner Luft, die eine Vertiefung der Atemzüge und Verringerung ihrer Zahl bewirkt (Galeotti).

In stärkerem Maße als durch die Aenderung der Wärmebildung vermag sich der Körper zu seiner thermischen Gleichgewichtserhaltung der physikalischen Regelung bedienen:

1. Durch Steigerung oder durch Verminderung der Hautdurchblutung, wobei die Wärmezufuhr zur wärmeabgebenden Haut geregelt wird.

2. Durch Aenderung der Wasserverdunstung über die an Zahl etwa 2,5 Mill. betragenden Schweißdrüsen der Haut, die sich von der unmerklichen Wasserabgabe bis zur profusen Schweißüberschwemmung der Haut als Hitzeabwehr steigern kann. Die Wasserausscheidung durch die Atmung und durch die Schweißproduktion beträgt in der Ruhe und bei Zimmeraufenthalt ungefähr 500 ccm bis 1 Liter in 24 Stunden; bei Arbeit und im Freien steigt sie auf 1,5—2,5 Liter und bei angestrengter Arbeit, z. B. bei Bergtouren, kann sie 3—5 Liter betragen. Ein Liter Schweiß bindet bei seiner Verdampfung auf der Haut etwa 590 Calorien.

3. Durch Steigerung oder Verminderung von Zahl und Tiefe der Atemzüge. Der Einfluß der Wärmeabgabe über die Lungenoberfläche, die ungefähr 150 m^2 beträgt, ist aber im Vergleich zu den beiden anderen Möglichkeiten weitaus geringer. Da 88 % der Wasserverdunstung über die Haut und 12 % über die Lunge erfolgt.

Als Richtlinie kann in ruhender Umgebungsluft immerhin gelten, daß fast die Hälfte der gesamten Energieausfuhr über die Abstrahlung vor sich geht; etwa die Hälfte dieses Teils über Convection und Leitung, der Rest über die Wasserverdunstung. Diese drei Abfuhrwege

können in der freien Atmoshäre sämtlich außerordentlich kräftig funktionieren und jeder für sich den ganzen Wärmebetrag abführen. Andererseits aber kann es auch im Freien zu einem völligen Abschluß des einen oder des anderen oder sogar aller drei Wege kommen.

Durch Leitung gibt der menschliche Körper vor allen Dingen an die umgebende Luft Wärme ab, umso mehr, je größer die Temperaturdifferenz zwischen Haut und Luft ist, und je rascher die Luft wechselt. In einem geschlossenen Raum wird daher die gesamte Wärmeabgabe durch Leitung unbedeutend sein, insbesondere bei höheren Lufttemperaturen, wie in der Heizungsperiode, wo die Temperaturdifferenzen zwischen Haut und Luft sehr gering werden. Eine erhebliche Abgabe durch Leitung findet nur statt bei bewegter Luft, und da im Freien eine Luftbewegung von mindestens 0,5—2 m/sec. besteht, so wird dort diese Art der Wärmeabgabe viel mehr leisten können, als im Zimmer. Immerhin ist auch im Freien die Menge der abgeleiteten Wärme stets wechselnd; bei kalten heftigen Winden sehr groß, bei warmer ruhiger Luft geringfügiger (K ü s t e r).

Die Wärmeabgabe durch Strahlung ist teils von der Größe und dem Ausstrahlungsvermögen der Körperoberfläche, teils von der Temperaturdifferenz gegenüber den umgebenden Gegenständen und anderen weniger einflußreichen Faktoren abhängig. Dieser Weg der Wärmeabgabe funktioniert ausgiebig innerhalb geschlossener Räume, wo durch die Ausstrahlung gegen kältere Wände, Möbel und dergleichen unter Umständen die hauptsächlichste Wärmeabgabe des Körpers erfolgen kann. Derselbe Weg gelangt auch im Freien zur Benutzung, wenn z. B. kältere Hauswände, namentlich aber Bäume und Sträucher, die durch ihre stets reiche Wasserverdunstung eine relativ niedrige Eigentemperatur haben, sich in der Umgebung finden. Andererseits kann die Wärmeabgabe durch Strahlung minimal werden, wenn warme Wände, Hausmauern oder andere Menschen die Umgebung des Körpers bilden.

Indes würden alle diese regulierenden Vorrichtungen nicht ausreichen, um dem menschlichen Körper unter allen Umständen — d. h. unter allen klimatischen und Witterungsverhältnissen — die Erhaltung der normalen Körpertemperatur zu garantieren. Erst durch Einschaltung der Kleidung und Wohnung und durch entsprechende Abwechslung sowohl in Kleidung wie auch in Heizung und Lüftung der Wohnung gelingt es dem Menschen, sich gegen die überaus starken Variationen der Lufttemperatur zu schützen.

Beim ruhenden Menschen steigert Lüftung, d. h. der Einfluß bewegter Luft, die Abhängigkeit der Wärmeabgabe über die Haut und die Lunge. Sie versetzt den Menschen gleichsam in ein kühleres Klima als die Lufttemperatur anzeigt.

Lufttemperatur in °C	Luftgeschwindigkeit in m/sec.	Wärmeabgabe in Cal.
23	0	18
23	0,25	21
23	1,0	23
30	0	33
30	0,25	35
30	1,0	42
35	0	70
35	0,25	75
35	1,0	85

Wie aus obiger Tabelle (Strauß) hervorgeht, entwärmt die bewegte Luft also in erheblich stärkerem Maße als ruhende Luft, und zwar um so stärker, je höher die Temperatur liegt. Vielleicht hängt diese Tatsache auch mit der Unruhe empfindlicher Menschen zusammen, die nie stillsitzen können, d. h. sich durch Bewegung „Luft" verschaffen müssen und sich damit aus dem sie umgebenden Luftmangel bewegen. Denn eine an sich schon sehr geringe Selbstbewegung beseitigt die in ruhender Zimmerluft um den Körper sich ansammelnden und dort stagnierenden Luftschichten, die hochgradig mit Wärme und namentlich mit Wasserdampf beladen werden. Rubner hat in verschiedenen Versuchsreihen mitgeteilt, daß schon Luftgeschwindigkeiten von 0,4—1,3 m/sec. den Wärmeverlust um 12 % steigen ließen. Allgemein gesprochen, genügt die natürliche Ventilation nicht, die stagnierenden Luftschichten zu durchbrechen, obwohl im Wohnraum eine stete Luftumwälzung stattfindet, die durch eventuelle Heizkörper noch verstärkt werden kann (Mekowskij). Erst eine Windgeschwindigkeit von 0,25 m/sec. treibt die störenden Luftschichten auseinander, ohne selbst von dem Menschen gefühlt zu werden (Rubner). Das Problem der Lüftung tritt im besonderen Maße an den Raumbewohner heran, wenn wie im Winter die Notwendigkeit einer stärkeren Beheizung vorliegt, denn es liegt auf der Hand, daß bei Beheizung, d. h. bei zusätzlicher Erwärmung der Umgebungsluft die Gefahr der Wärmestauung schneller eintritt. Eine Abhilfe gegen diese Art der Wärmestauung besteht zunächst darin, durch Regelung an den Wärmequellen einem Uebermaß von Wärmezufuhr vorzubeugen. Dies wird am wirksamsten und in erster Linie zu beachten sein. Dabei kommen die Heizkörper nicht nur allein als Wärmequellen in Frage, sondern auch die Anzahl der Menschen, die sich in dem betreffenden Raum aufhalten (Malmendier). Außerdem kommt in zweiter Linie die Luftbewegung als Zirkulation oder die Zufuhr kalter trockener Luft in Frage. Auch bei der Zirkulation kann die Luftgeschwindigkeit 0,25 m/sec. betragen, bis sie als störend empfunden wird. Als normale Triebkräfte für die natürliche Ventilation, d. i. die Selbstlüftung, eines

Raumes gelten die Temperaturdifferenz zwischen der Außen- und Innenluft, sowie der Windanfall (Ilzhöfer). Die Selbstlüftung durch die Lücken zwischen dem Mauerwerk und den Rahmen von Fenster und Türen ist wohl die wichtigste, wobei für die Schwankungen in dieser der Windanfall verantwortlich zu machen ist, und in weit geringerem Maße die Temperaturdifferenz. Die Selbstlüftung durch das Mauerwerk ist praktisch gleich Null, weil durch die Wandbekleidungen und den Verputz der Mauern ein Luftaustausch nahezu ausgeschlossen ist. Etwa dreiviertel des Volumens des Luftwechsels findet durch natürliche Ventilation statt. Wegen der Schwankungen in der Intensität dieser Lüftung, die dadurch unzureichend, ungleichmäßig und belästigend sein kann, muß oft auch durch künstliche Ventilation geholfen werden. Dabei soll die Frischluft, da sie gewisse Abweichungen in der Temperatur und Luftfeuchtigkeit zeigt, nicht zu rasch oder ohne vorherige Erwärmung und Durchmischung den Menschen treffen. Denn wird mit steigender Temperatur und Feuchtigkeit allmählich die Haut des menschlichen Körpers aktiv, d. h. hyperämisch und feucht, so ist sie in diesem Zustand gegen zu starke oder zu anhaltende Abkühlung äußerst empfindlich, sie kann dann nicht mehr durch reaktive Hyperämie einer gefahrdrohenden Abkühlung der Haut entgegenwirken (Schmidt). Wenn bewegte oder kühle Luft als unbehaglich oder lästig empfunden wird, so pflegt man gemeinhin von „Zugluft" oder „Gegenzug" zu sprechen. In ihrer reinsten Form besteht sie dabei aus gerichteten, feinen oder turbulenten Luftbewegungen, die auf eine umschriebene Stelle der Körperoberfläche einen einseitigen Abkühlungsreiz auslösen. Inwieweit Zugluft Erkältungskrankheiten und bestimmte Infektionskrankheiten entstehen läßt und zum Anlaß für andere Gesundheitsschäden wird, hängt noch von weiteren Umständen ab. Dazu gehört sowohl die Größe des Temperaturunterschiedes zwischen der Luftbewegung und der Umgebungstemperatur, sowie auch die zeitliche Dauer der Einwirkung, vor allem aber die Empfänglichkeit und die Gewöhnung (Bürgers). Außerdem wurde experimentell festgestellt, daß durch abnorme Abkühlung der tierische Körper eine Schädigung seiner Schutzeinrichtungen gegen lebende Krankheitserreger erfährt. Die Leukozytenzahl wird um 50—70 % herabgesetzt; erst später tritt Hyperleukozytose ein; die Beweglichkeit und Phagozytose der Leukozyten wird stark verringert; die Bakteriolysine, die Opsonine und besonders der Komplementgehalt des Blutes werden herabgesetzt. Da an den entstehenden „katarrhalischen" Krankheitsprozessen in hervorragender Weise die Mikroorganismen sich beteiligen, welche in den normalen Sekreten vorhanden und nur gegenüber der völlig intakten Schleimhaut ohne Gefahr sind, sind diese Veränderungen für Ausbreitung und Verlauf einer Krankheit von größter Bedeutung.

Eine zusätzliche Belüftung von Wohnräumen kommt erst dann in Frage, wenn die Selbstlüftung, unterstützt durch die Fensterlüftung,

nicht ausreichen sollte. Besteht diese Notwendigkeit, dann muß darauf geachtet werden, daß diese Lüftung nicht nur periodisch, sondern als Dauerlüftung betrieben werden kann. Man beobachtete bei Dauerlüftung eine Grundumsatzminderung bis zu 20 % bei guter Behaglichkeit und bestem Wohlbefinden (Küster). Wieweit hierbei die Ionisierung mitwirkte, wird noch später erörtert werden. Der Vorwurf, der der künstlichen Ventilation immer wieder gemacht wurde, den Boden für Erkältungskrankheiten zu bereiten, ließ sich nach den angestellten Untersuchungen von Cole—Rufus usw. im Gegensatz zu Hüttig nicht halten. Leopold wieder stellte fest, daß die künstliche Ventilation von Räumen die Erkrankungsziffern steigern sollte und in jedem Fall der natürlichen Entlüftung der Vorzug zu geben sei. Naeslund, der eine lange Reihe von Untersuchungen anstellte, um gerade diese Frage zu klären, und den Unterschied in der Wirkung der natürlichen und künstlichen Belüftung festzulegen, konnte nur sehr vorsichtige Schlüsse aus seinen Untersuchungen ziehen und sagen: In der kalten Jahreszeit bietet ein gutes und richtiges Saugsystem guten Nutzen, das Einpressen von erwärmter Luft erhöht den Lüftungseffekt nicht. In der warmen Jahreszeit macht die Fensterlüftung, richtig angewendet, ein besonderes Lüftungssystem nicht erforderlich. Noch einmal zusammengefaßt: Praktisch braucht uns die chemische Zusammensetzung der Luft in Wohnräumen gesundheitlich keine Sorge zu machen. Selbst Schulräume und hygienisch gleich zu bewertende Versammlungsräume benötigen nach verbreiteter Ansicht keiner besonderen Lüftungsanlage. Im äußersten Fall kann durch zugluftfreie Fensterlüftung ausreichende Abhilfe geschaffen werden (Vasil' ev). Anders liegen die Verhältnisse in dichtbesetzten Versammlungsräumen und in allen Arbeitsräumen, die einen besonderen Luftverbrauch oder auch Luftverschlechterung durch schädliche Gase, Gerüche, Staub usw. aufweisen. In diesen müssen wir eine Belüftung durchführen, und zwar am besten mechanischer Art, da auf die Lüftung, die allein durch die Temperaturunterschiede geregelt wird, nicht genügend Verlaß ist (Khaum). Die mechanische Lüftung müssen wir heute als technisch gelöst betrachten (Wietfeld). Wir können jedem Raum eine ausreichende Luftmenge unter Vermeidung von Geräuschen und Zugluft (Anemostat [Küster] und Wurfgitterverteilung) unter Erfüllung aller übrigen hygienischen Anforderungen bezüglich der Luftfeuchtigkeit und Temperatur usw. beliebig lange zuführen. Diese hygienische Belüftung bedeutet also in Wirklichkeit eine Bewetterung, bzw. Innenklimatisierung (Samogloff). Sie ist in ihren wesentlichen Forderungen in dem Behaglichkeitsfeld und den Behaglichkeitlinien für Sommer- und Winterbelüftung, wie sie die Gesellschaft amerikanischer Heizungs- und Lüftungsingenieure schon vor Jahren aufgestellt hat, für den allgemeinen Gebrauch in sehr ansprechender und brauchbarer Form vorhanden und allgemein anerkannt.

Die Temperaturbegriffe, Behaglichkeitsmaßstäbe und Meßverfahren von Liese sind in ihrer Berechnung wohl brauchbar, aber praktisch belanglos, weil umständlich und daher entbehrlich.

Aus dem bis jetzt Gesagten geht hervor, daß der Leistungsfähigkeit des Körpers Schranken gesetzt sind, die sich nach dem Aufgabenbereich des jeweiligen Raumbesitzers und seinen physiologischen Eigenarten richten. In bezug auf die Belüftung wurde schon festgestellt, in welch großem Maß die Luftfeuchtigkeit der Raumluft und deren Temperatur auf die Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden des Menschen wirkt. Es ist mehr als eine Erfahrungstatsache, daß die Luftfeuchtigkeit insbesondere eine große Wirkung auf den Menschen hat, und bei ihm besonders die Wasserdampfabgabe beeinflußt (Rubner—Wolpert).

Es lag der Gedanke nahe, daß eine direkte Wirkung der Luftfeuchtigkeit auf den menschlichen Körper dadurch zustande kommt, daß die Wasserdampfabgabe und damit auch die Wärmeabgabe der Haut quantitativ vom Verhalten der Luftfeuchtigkeit abhängt. Untersuchungen von Rubner ergaben, daß die Gesamtwasserdampfabgabe unter gleichen Bedingungen und bei gleichbleibender Temperatur von dem Wassergehalt der Luft abhängig ist (Rubner—Wolpert). Bei gleicher Luftfeuchtigkeit ist dagegen die Wasserdampfabgabe vor allem von der Höhe der Temperatur abhängig. Dabei steht die Luftfeuchtigkeit in engem physikalischen Zusammenhang zur Temperatur, indem das Sättigungsvermögen der Luft mit der Temperatur ansteigt.

Temperatur in °C	0	10	15	20	25	30	35	40	50	70	100
Wassergehalt in gr/cbm	4,9	9,4	12,8	17	22,9	30	39,3	50,8	82	197	590

Der absolute Wassergehalt der Luft soll pro cbm 5—7,5 gr betragen, entsprechend einem relativen Feuchtigkeitsgehalt von etwa 50—70 % bei einer Temperatur von 12° Celsius, von etwa 40—60 % bei einer Temperatur von 15° C, von etwa 30—45 % bei 20° C. Im allgemeinen soll 75% des der Temperatur entsprechenden Feuchtigkeitsgehaltes bzw. Sättigungsgrades nicht überschritten werden.

Die Feuchtigkeit der Luft muß so eingestellt sein, daß einmal die von ihr bespülten Respirationsschleimhäute eine ausreichende Wassermenge abgeben können, ohne allzusehr auszutrocknen, andererseits muß die äußere Körperoberfläche, d. h. die Haut, im Notfall hinreichend Schweiß zur Körpererwärmung durch Verdunstung an die Luft abgeben können. Mit höherer Temperatur steigt die Wasserdampfabgabe durch die Haut als Schweiß, und zwar von 25 Grad an in steigender Kurve, von 15 Grad abwärts steigt die Wasserdampfabgabe nur infolge Zunahme der Wasserausscheidung durch die Lunge, denn bei dieser Temperatur sistiert nach Rubner die Tätigkeit der Schweiß-

drüsen. Wir atmen mit jedem Atemzug rund 500 ccm der Umgebungsluft ein, angenommen von 20 Grad C Trockenluftwärme und 5 mg Wasserdampf und atmen sie mit 36,5 Grad Trockenluftwärme und 41 mg Wasserdampf aus. Diese Differenz in der eingeatmeten und ausgeatmeten Wasserdampfmenge, das physiologische Defizit der Luft, ist einer der wesentlichsten Vorgänge in der Wasserdampf- und Wärmeabgabe. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist aber nicht nur von Einfluß auf die Wasserdampfabgabe unserer Lungen, sowie auf die Schweißverdunstung und damit der Entwärmung unseres Körpers, sondern er stellt an sich auch einen beachtenswerten Anteil der Luftwärme dar (Bradtke). Diese setzt sich zusammen aus dem Wärmegehalt der Trockenluft (in Luftkalorien ausgedrückt = der Anzahl der Grade C) und dem Wärmegehalt des in der Luft befindlichen Wasserdampfes (von den in Luftkalorien gemessenen 1 g in cbm = 2 Luftkalorien entspricht). Der Wasserdampfgehalt, die Feuchtigkeit der Luft ist also pro Gramm bezüglich der Gesamtwärme der Luft doppelt so hoch zu bewerten, wie ein Grad Celsius des üblichen Trockenthermometers, und die Gesamtwärmeabgabe unseres Körpers ist eine Funktion des Gesamtwärme-Inhaltes der Luft. Deshalb kann bei niedrigem Wasserdampfgehalt eine Luft von 20 Trockengrad C in ihrem Gesamtwärmeinhalt kälter sein als feuchte Luft von 15 Trockengrad C. Es ist das Verdienst von Rubner, festgestellt zu haben, daß wir uns die Wasserdampfabgabe von den Flächen des lebenden Körpers nicht als einen passiven Vorgang vorstellen dürfen, ähnlich der Verdunstung von totem Substrat, sondern daß der Körper dabei spezifische Arbeit leistet.

Um eine unmittelbare Bestimmung des Gesamtwärmeinhaltes der Luft zu ermöglichen, hat Prött das sog. Pröttmeter konstruiert, das den Wärmeinhalt des trockenen Anteils der Luft und den Wärmeinhalt des in der Luft vorhandenen Wasserdampfes zusammen anzeigt. Deshalb ist das Pröttmeter zur Aufstellung eines Behaglichkeitsmaßstabes wohl geeignet.

Wie wirken nun hohe oder niedrige Luftfeuchtigkeitswerte in gesundheitlicher Beziehung auf den Menschen? (Galeotti.) Bei niederen Temperaturen unter 15° C bewirkt feuchte Luft eine Vermehrung der Wärmeabgabe durch Convection und Leitung im Gegensatz zu trockener, kalter Luft. Dabei ist die Steigerung der Wärmeabgabe durch die Wasserverdunstung in Form von Schweiß von viel geringerer Bedeutung als die Minderung der Wasserdampfabgabe. Denn die Hemmung der Wasserdampfabgabe ist mit einer Wärmestauung verbunden, die bei höherer Temperatur lebensgefährlich werden kann (Minra). Außerdem erzeugen hohe Feuchtigkeitswerte bei dem Menschen leicht ein spezifisches Gefühl der Beklemmung und der Beängstigung. 70—80% Feuchtigkeit werden bei einer Temperatur von 24 Grad

schlecht vertragen, besonders bei Muskelarbeit und reichlicher Nahrung. Nach Rubner kann die Vermehrung der Wasserdampfabgabe um 12,5% eine ähnliche Wirkung hervorrufen, wie das Senken der Temperatur um ein Grad. Sehr niedrige Feuchtigkeitswerte sind bei niederen Temperaturen ohne erhebliche Wirkung (Rubner—Lewascheff). Die durch die Wärmestauung hervorgerufenen Symptome sind von Hermanns beschrieben worden, der an sich selbst feststellte, daß die Temperatur in der Achselhöhle im stark besetzten Theater schon nach ganz kurzer Zeit um 0,3—0,6° C stieg, als er an sich noch keine subjektiven Beschwerden oder Störungen feststellen konnte. Durch Kontrollmessungen untersuchte er die Theaterluft und bemerkte, daß er sich bereits in einem Mantel stagnierender Luftschichten befand, die den Grund zu einer Wärmestauung bildeten. Neuerdings sind wieder Auffassungen bekannt geworden, die der Luftfeuchtigkeit eine unmittelbare Bedeutung für die Feuchthaltung der Schleimhäute der Luftwege beilegen (Brünings). Zu trockene Luft verursacht danach die Auslösung von Trockenheitsschäden, für die als Krankheitsbezeichnung die Begriffe Siccopathie und Exicose geprägt worden sind. Es hat sich aber in dieser Hinsicht für die Luftfeuchtigkeit noch keine sichere Grenze ermitteln lassen (Rachenring: gleich Ausschlagorgan: Wassertrinken!). Rigobello fand bei Versuchen mit getrockneter Luft von höherer Temperatur regelmäßig schwere pathologische Veränderungen im Sinne einer Organverfettung, außerdem eine Aenderung der Alkalireserve, bei Tieren und überträgt die dort gemachten Erfahrungen auch auf den Menschen und fordert für beheizte Räume eine zusätzliche Befeuchtung der Raumluft. Dabei verlangt die moderne Beheizung der Wohnräume mittels hochgespannten Dampfes eine besondere Sauberhaltung der Heizkörper, weil es durch die hohe Temperatur der Heizröhren durch Verschwelen daraufliegenden Staubes zur Bildung hygroskopischer Schwelgase kommen kann (Flügge). Während der kalten Jahreszeit liegt in unseren Breiten der absolute Wassergehalt der Außenluft verhältnismäßig niedrig, und wenn diese Luft erwärmt und einem Innenraum als Lüftungsluft zugeführt wird, kann die Feuchtigkeit leicht relativ zu gering werden und unter 30% zu liegen kommen (Bradtke). Ein solch niedriger Feuchtigkeitsgrad wird von vielen Menschen als störend trocken empfunden und ist auch sicher für mancherlei Gewerbebetriebe objektiv zu niedrig, d. h. der Feuchtigkeitsgehalt muß durch Wasserzufuhr erhöht werden. Dies ist durch Wasserverdunstung in dem Lüftungsstrom oder auch durch Dampfzufuhr und endlich durch irgendwie beheizte Verdunstungsapparate mit entsprechend großer Verdunstungsfläche leicht und sicher zu erreichen (Wohlfeil). In jedem Fall ist aber genau zu prüfen, ob tatsächlich eine Wasserzufuhr zur Raumluft objektiv begründet erscheint. Viele Hygieniker stehen heute auf dem Standpunkt, daß in den

meisten Fällen (Habs), zumal in den Wohnungen oder auch wie schon erwähnt in Schulräumen und dergleichen, eine zusätzliche Befeuchtung überflüssig bzw. gesundheitlich unangebracht sei; die Wasserausscheidung des Menschen beträgt in 24 Stunden 500—1000 ccm, und außerdem bewiesen Untersuchungen von Peth und Wolf, daß die Wände als Wasserpeicher wirken und während der Benutzung der Räume je nach Bedarf die Feuchtigkeit wieder abgeben (Phelps—Volde).

Es unterliegt nun keinem Zweifel, daß die oben erwähnten chemischen und physikalischen Verhältnisse nicht immer ausreichen, die Aenderungen der Behaglichkeitsverhältnisse im Wohnraum zu erklären. So ging man daran, die in der Atmosphäre ablaufenden Strahlungsvorgänge und die atmosphärische Elektrizität mit in die wohnklimatischen Betrachtungen einzubeziehen und ihre spezielle Wirkung auf den Menschen zu untersuchen. Freilich sind schon lange Untersuchungen über Licht und Wärmestrahlung sowie über Ultravioletts trahlung gemacht worden, und man hat die Beziehungen zwischen diesen Erscheinungen und den Vorgängen im menschlichen Körper kennengelernt, aber die elektrischen Entladungs- und Aufladungserscheinungen nicht beachtet oder in ihrer Wirkung als zu gering gehalten (Meixner).

Erst in den letzen Jahren wurden die luftelektrischen Vorgänge in der nächsten Umgebung des Menschen in der Wohnung untersucht, und man hat die Veränderungen des luftelektrischen Zustandes durch die in dem Wohnraum sich abspielenden Vorgänge, zum Beispiel Aufenthalt von Menschen, künstliche Beleuchtung, Heizung usw. miteinzubeziehen versucht. Wenn auch bis jetzt die genauen Vorgänge noch nicht ausreichend bekannt sind, so scheinen doch alle Beobachtungen dafür zu sprechen, daß die Luftelektrizität nicht ohne Einfluß auf den menschlichen Organismus ist. Am bemerkenswertesten dürften hier zunächst die oft sehr augenfälligen Symptome sein, die sich im Befinden einzelner Menschen beim Herannahen eines Gewitters zeigen (Schoser). Schon bei normalen — aber besonders bei empfindlichen und sensiblen Personen — macht sich zu solchen Zeiten eine Mattigkeit bemerkbar, die sich bis zur völligen Abgeschlagenheit, verbunden mit allerlei Paresthesien steigern kann. Auch die beim Auftreten schwüler Witterung, barometrischer Depressionen und namentlich bei Föhnwinden beobachteten Symptome: Mattigkeit, Schwere in den Gliedern, ängstlich depressive Stimmung evtl. Neuralgien, legen die Beteiligung luftelektrischer Vorgänge nahe (Hellpach). Womit nicht gesagt sein soll, daß ein direkter ursächlicher Zusammenhang zwischen Föhn und Ionisation der Luft besteht. Um den Einfluß beurteilen zu können, den das weniger großen Schwankungen ausgesetzte luftelektrische Verhalten unserer gewöhnlichen Umgebung, besonders in

der Wohnung auf uns ausübt, wurde erst einmal festgestellt, wie groß dort die Schwankungen überhaupt sein können.

In der uns umgebenden Luft befinden sich stets positiv und negativ geladene Teilchen, die Ionen oder auch Träger genannt werden, die der Luft je nach der Tages- oder Jahreszeit sowie nach der Höhe der Temperatur und Luftfeuchtigkeit eine veränderliche Leitfähigkeit erteilen.

Meist überwiegt die Zahl der positiven Teilchen die der negativen. Die Atmosphäre ist positiv geladen, die Erdoberfläche stets negativ. Es besteht also ein Potentialgefälle von der Höhe nach der Erdoberfläche hin, oder mit anderen Worten, es fließt dauernd ein zur Erdoberfläche vertikal gerichteter Strom von geringer Stärke. Die Größe des Potentialgefälles in der Nähe der Erdoberfläche beträgt meist 100 Volt pro Meter, kann aber sehr schwanken, besonders bei einem Landregen oder einem Ferngewitter.

Jede Volumeinheit Luft besitzt eine positive und negative Raumladung, und diese beträgt normal ungefähr 400—800 Ionen je cm^3 Luft, für jedes Vorzeichen. Regen, Wind, Temperatur der Luft, Staub usw. beeinflussen die Eigenladung, die Leitfähigkeit, das Potentialgefälle, den Vertikalstrom und die Raumladung und bedingen somit die elektrischen Eigenschaften der Luft.

Je nach der Beweglichkeit der Ionen unterscheidet man:

1. leichte Ionen von Molekülgröße (Gasionen), die eine Beweglichkeit von etwa 1—1,8 $\frac{\text{cm/Volt}}{\text{sec/cm.}}$. Hierin bedeutet Beweglichkeit eine Geschwindigkeit, ausgedrückt in cm/sec. bei einer Feldstärke von 1 Volt pro cm.

2. schwere Ionen (sog. Langevin-Ionen) mit einer 100—10 000 geringeren Beweglichkeit (0,01—0,0005 $\frac{\text{cm/Volt}}{\text{sec/cm.}}$. Und zwar sind diese elektrischen Ladungen an Staubteilchen, Ruß oder feine Wassertröpfchen gebunden (P f a f f). Sie entstehen meist durch Anlagerung leichter Ionen an diese Teilchen, auch Kondensationskerne genannt. Die Größe der Ionen ist bestimmt durch deren Beweglichkeit, d. h. je größer die Beweglichkeit, desto kleiner ist der Radius r des Teilchens oder des Trägers.

In der Atmosphäre sind also immer positiv und negativ geladene Ionen gleichzeitig vorhanden, die in bezug auf Größe, Anzahl und Beweglichkeit beträchtlichen Schwankungen unterworfen sind.

Bei Gewitterneigung ist die Zahl der Ionen (positiv) stark erhöht — man hat bis zu 2000 pro cm^3 gemessen (D a u z è r e — B o u g e t). Dasselbe Ergebnis zeigten dahingehende Untersuchungen bei Föhn-

wetter. Es ist das ein Beweis dafür, daß vor allem die leichtbeweglichen Elektrizitätsträger das Leitvermögen beeinflussen, das bei Nebel und Dunst am kleinsten ist (Kunow). Auf Bergspitzen besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Leitfähigkeit und dem Staubgehalt der Luft, je größer der Staubkerngehalt, um so geringer ist die Ladung mit Ionen. Daraus geht wieder hervor, daß sich die leichtbeweglichen Träger an die Staubkerne anlagern. Durch Messungen in Ballonen ist festgestellt worden, daß die Leitfähigkeit und die Ionenzahl zunimmt, vor allem in Höhen über 3000 Meter. So fand man in 9000 Meter Höhe den 68fachen Wert von Trägern des gleichzeitigen Wertes am Boden (Wigand). Es ist anzunehmen, daß die obersten dünnen Atmosphärenschichten ebenfalls ein hohes Leitvermögen aufzuweisen haben. Neben dem Staub ist es vor allem die Luftfeuchtigkeit, die den kleinen Ionen als Kondensationspunkt dient. In der Nähe von Wasserfällen ist die Ionenzahl mit negativen Vorzeichen erhöht durch die feinst versprühten Wassertröpfchen, was als Lenard-Effekt bezeichnet wird. Ebenso kann in manchen Gegenden die Erdausstrahlung die Zahl der Ionen erheblich beeinflussen (sogenannte Bequerel-Strahlung).

An dieser Stelle interessiert uns der Ionengehalt der Raumluft und seine Bedeutung für den Bewohner (Yaglou — Benjamin, Brandt u. a.). In frischgelüfteten Räumen entspricht die Ionenzahl natürlich der der Außenluft. Nach Abschluß der zusätzlichen Fensterlüftung wird die Zahl der Ionen im Innenraum von verschiedenen Umständen beeinflußt. Ständig finden an allen auf der Erde leitend verbundenen Teilen des Innenraumes Entladungen positiver Ionen statt. Durch Heizkörper werden, wie Küster nachweisen konnte, in wechselnder Menge positive Ionen an die Innenluft abgegeben. Durch die Bodenlüftung können von der Erde her verschiedenartige Träger wieder in die Raumluft gelangen. Es finden also die verschiedensten Verschiebungen des Ionengehaltes der Raumluft statt, im allgemeinen mit dem Gesamtergebnis, daß der Ionengehalt im geschlossenen Raum wesentlich niedriger ist als der Trägergehalt in der Außenluft, d. h. etwa mit 50—600 Einheiten pro cm^3 zu veranschlagen.

Ist diesem Ionengehalt im Wohnraum überhaupt eine Bedeutung für die Gesundheit zuzumessen?

Um diese Frage zu klären, war es zunächst einmal notwendig, Grundlegendes über die Wirkung der einzelnen Ionenarten zu bestimmen (Yaglou — Benjamin — Brandt u. a.). Dabei war es notwendig, Ionen eines Vorzeichens herzustellen. Dies gelang auf folgende Arten:

1. durch Flammen (Gas, Lichtbogen, Verbrennen von Metallen, z. B. Magnesiumband). Der Nachteil ist, daß es nicht möglich ist, die Gas- und Trägerwirkung zu trennen.

2. durch Bestrahlung der Luft mit Röntgen- oder Ultraviolettstrahlung.

3. durch glühende Alkalien und Metalle, z. B. durch ein elektrisch erhitztes Platinblech.

4. durch Wasserzerstäubung. Hierbei tritt der Lenard-Effekt ein, d. h. durch das Zerreißen der Wassertröpfchen wird jedem Teilchen eine negative Ladung erteilt, die bei Verwendung von Preßluft ganz beträchtlich sein kann.

5. durch hochfrequenten Gleichstrom, wobei sich leicht Ozon und nitrose Gase bilden, die wieder als Kondensationskerne für die Ionen unerwünscht in Erscheinung treten.

Nachdem man also in der Lage war, die Luft in dosierbarer Weise mit geladenen Teilchen eines Vorzeichens zu befrachten, konnte man mit Versuchen mit unipolaren Luftströmen beginnen (Korff — Petersen).

Hierüber liegen nun Beobachtungen vor, die besagen, daß die positive Ionisation den Grundumsatz und den Blutdruck steigern — dabei Kopfschmerzen, Schwindel, Erbrechen, Ermüdung hervorrufen, während die negativen Ionenarten Heiterkeit und behagliches Wohlgefühl erzeugen und dabei den Blutdruck als deutlichstes objektives Merkmal senken (Dessauer, Janitzky, Yaglou, Benjamin, Brandt u. a.). Happel fand, daß diese blutdrucksenkende bzw. erhöhende Wirkung der negativen bzw. positiven ionisierten Luft bei Hypertonikern, d. h. unter pathologischen Bedingungen, deutlicher als beim Gesunden in Erscheinung treten. Ja weitgehende Versuche von Happel und Straßburger konnten auch therapeutische Erfolge bei Hypertonien, rheumatischen Erkrankungen, krankhaften Störungen durch klimatische Faktoren bestimmt, sicherstellen. Da der menschliche Körper fast immer in leitender Verbindung mit der Erdoberfläche steht, d. h. immer von den ihn umgebenden elektrischen Strömen getroffen wird, so ist eigentlich zu erwarten, daß dieser elektrische Strom nicht ohne Einfluß auf die physiologischen Lebensvorgänge sein wird (Thomsen). Man beobachtete immer wieder, daß in Räumen, die öfter von Menschen benutzt wurden, ein verhältnismäßig schnelles Absinken der Ionenzahl eintrat — und hier waren es amerikanische Forscher, Yaglou und seine Mitarbeiter, die glaubten feststellen zu müssen, daß in der Hauptsache die Kleidung der Raumbenutzer den Verbrauch der Ionen bewerkstelligten und keine gesundheitsschädlichen elektrischen Träger in der Raumluft vorhanden sein könnten. Dessauer dagegen konnte nachweisen, daß bei der Atmung ohne Zweifel ein Ionenverbrauch stattfindet. Er stellte fest, daß die Ausatmungsluft so gut wie keine Ionen mehr enthält. Und zwar blieben von einer Gesamtladung in der Lunge selbst mindestens 14 % (aber höchstens 40 %), in den toten Räumen der Luftwege (Mund, Kehlkopf,

Trachea, Stimm- und Nasennebenhöhlen) blieben wenigstens 45 %. Von der in die Lunge gedrungenen Ladung blieben um so mehr zurück, je leichter die Ionen waren, je länger die Luft in der Lunge blieb, je tiefer die Luft in die Lunge eingedrungen war.

Dabei ist bei allen Versuchen zu beachten, daß mit außergewöhnlich hohen Ionenzahlen gearbeitet wurde, wie sie in der Natur praktisch nur in sehr großen Höhen zu finden sind. Deshalb schloß man, daß die Ionen in den Mengen, wie sie im Wohnraum zu finden seien, keinen wesentlichen Einfluß auf den Menschen ausüben könnten, zumindest keine akuten Störungen verursachten. Ob eine chronische Einwirkung dieses Faktors von Einfluß sein kann, bleibt als Fragestellung weiterer Forschung vorbehalten.

Die Tatsache, daß die hohen Ionenströme eine spezifische Wirkung haben, ist jedenfalls durch zahlreiche Versuche bestätigt, und die therapeutische Verwendung scheint gerechtfertigt. Melten, Siemholz und neuere Arbeiten von Tschijewsky berichteten jedenfalls von besten therapeutischen Effekten bei Lungentuberkulose, rheumatischen Erkrankungen und bei Basedow. Ein ungarischer Autor (Niemczik) berichtet über Versuche mit tuberkuloseinfizierten Meerschweinchen und stellte fest, daß zwar in keinem Fall eine Heilung mittels ionisierter Luft zu erreichen war, daß aber die mit ionisierter Luft behandelten Tiere erstens länger lebten und zweitens geringere pathologische Veränderungen der inneren Organe zeigten. Der Verfasser weist darauf hin, daß es möglicherweise einen Zusammenhang gäbe zwischen den Behandlungserfolgen der Tuberkulose in hochgelegenen Kurorten und der ionenreichen Luft höherer Lagen. Liese neigt dazu, anzunehmen, daß die bisherigen unsicheren Ergebnisse nicht für eine krankmachende oder gar gesundmachende Wirkung der ionisierten Luft sprechen, obwohl fast alle Autoren — gerade bei der Erreichung negativer Resultate — nur sehr vorsichtige Schlüsse ziehen. Die Ansichten, die auf der 54. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Bäderheil- und Klimakunde in Wien von Amelung, Linke und Krebs geäußert wurden, besagen, daß die Ionisation heute nur als ein rein theoretischer Faktor gewertet werden kann, weil es noch nicht entschieden ist, ob den Kondensationskernen und Leichtionen eine biologische Wirkung zugesprochen werden kann.

Trotzdem kann man aus der vorliegenden Literatur und mit den darin beschriebenen Tierversuchen mit hochnegativ geladener ionisierter Luft derartig überzeugende Ergebnisse ersehen, daß meines Erachtens damit nicht nur die außerordentlich günstige therapeutische Wirkung der hochnegativ geladenen ionisierten Luft bewiesen ist, sondern auch die günstige Wirkung der natürlichen Ionisierung der Innenraumluft als logische Schlußfolgerung unterstellt werden kann.

ZUSAMMENFASSUNG.

Die an ein bestimmtes Raumklima zu stellenden Ansprüche in bezug auf Heizung, Lüftung und Luftfeuchtigkeit können heute bei Erfüllung der materiellen Voraussetzungen ohne weiteres befriedigt werden. Für Wohnräume kommen als Mittel zur Lufterneuerung hauptsächlich Fenster in Betracht, die voll ausreichend sind, wenn genügend lichte Bebauung vorliegt und zur Erzielung eines schnellen Luftwechsels Querdurchlüftbarkeit möglich ist. Eine zusätzliche Luftbefeuchtung ist zur Erhaltung der Behaglichkeitsgröße einer Wohnung nach verbreiteter Ansicht nicht notwendig. Die Auffassungen über die luftelektrischen Vorgänge — besonders wie sie in dem geschlossenen Wohnraum ablaufen — sind im großen noch sehr uneinheitlich, aber niemand kann sich dem Gedanken ganz verschließen, daß die vorhandene Luftelektrizität irgendwie wirkt, und theoretisch eine biologische Einwirkung vorhanden sein kann.

LITERATURVERZEICHNIS.

Amelung: Ref. Med. Welt. H. 23, J. 13.

Bachmann: Ueber Luftbefeuchtungsversuche mit dem verbesserten Lucagerät, Ges. Ing. 1933.

Benedict: Heat and Ventilation 1934.

Bradtke: Temperatur und Feuchtigkeit in dicht besetzten Räumen, Ges. Ing. 1935.

Brown, Séquard et d'Arsonval: Comptes rendus TCVI.

Brünings: Bericht über die Vers. d. Naturf. Aerzte 1936, Dtsch. med. Wschr. 62.

Cole, Rufus, Cimball u. a.: Untersuchungen über Vent. und Erkrankungen der Atemorgane in amerikanischen Schulen im Vergleich zur gewöhnl. Fensterlüftung und künstl. Pulsionsvent. bei versch. Vent.-Stärke. Americ. J. Hyg. 15/1931, Americ. J. Hyg. 12, 1930.

Zusammenhang zwischen Belüftung und den Erkältungen in Syracuser Schulen.

Dauzère und Bouget: Ueber die intensive Ionisation der Luft in den häufig vom Blitzschlag getroffenen Oertlichkeiten, C. r. Acad. Sci. 186/1928.

Dessauer und Janitzky: Ladungsbilanz bei der Atmung unipolar beladener Luft. In 10. J. Forschung d. physik.-med. Grenzgebiet (Dessauer).

Flügge: Luftverunreinigung, Wärmestauung und Lüftung. Z. f. Hyg. 1905.

Grundriß der Hygiene, Veit & Co., Leipzig.

Die Luftfeuchtigkeit beheizter Räume, Ges. Ing. 1/1931.

Formánek: Ueber die Giftwirkung der Ausatmungsluft. Arch. f. Hyg. Bd. 38.

Galeotti: Die Wasserdampfausscheidung der Lunge. Biochem. Ztg. 1927, H. 8.

Glock: Eine Untersuchung über die Auswirkung ungünstiger atmosphärischer Bedingungen auf die geistige und muskuläre Leistungsfähigkeit. J. o. Hyg. 1935.

Gockel: Die Luftelektrizität. Verl. Springer 1908.

Habs: Experimentelle Untersuchungen über die hygienische Wirksamkeit von Luftbefeuchtungsanlagen. Ges. Ing. 1930.

Happel und Straßburger: Physiologische und klinische Anwendung unipolar beladener Luft. Forschung aus d. physik.-med. Grenzgebiet, 10. J. (Dessauer).

Haysmann: Der Einfluß der Expirationsluft auf die CO_2-Abgabe. Z. f. Hyg. Bd. 49/1905.

Hellpach: Die geophysischen Erscheinungen: Wetter, Klima, Landschaft und ihr Einfluß auf das Seelenleben. Aus 10. J. Forschung d. physik.-med. Grenzgebiet.

Hüttig: Beitrag zur Diskussion über Lüftungsanlagen in Krankenhäusern und Schulen. Ges. Ing. 1/1931.

Ilzhöfer: Untersuchungen über natürl. und künstliche Belüftung von Wohnräumen. Arch. f. Hyg. 105.

Jusatz: Klimaanlagen vom Standpunkt der Hygiene. Ges. Ing. 1936.

Kastner und Knipping: Der Phosphorsäuregehalt im Blut. Klin. Wschr. 1922.

Khaum: Zur Hygiene und Technik der Ventilation. Z. f. Hyg. 1933.

Koelsch: Lehrbuch der Gewerbehygiene.

Korff und Petersen: Untersuchungen über den Einfluß luftelektrischer Faktoren und besonders der Ionisation auf das Wohlbefinden der Menschen. Z. f. Hyg. 80.

Krebs: Ref. Med. Welt. H. 23, J. 13.

Kunow: Die Luftelektrizität und das Wohlbefinden des Menschen. Z. f. Hyg. 80.

Küster: Wohnungsklimatische Betrachtungen. Ges. Ing. II/1930.
Die CO_2-Verteilung in der Luft. Z. f. Hyg. 110/1929.

Lehmann: Der CO_2-Gehalt der Inspirationsluft im Freien und im Zimmer. Arch. f. Hyg. 34.

Lenard: Ann. de Physique. 1900, Bd. I.

Liese: Raum und außenklimatische Messungen. Verl. Springer, Berlin, 1937.

Leopold: Ventilation von Schulräumen. Tijdskr. soc. Geneeskd. 9/1935.

Linke: Ref. med. Welt. H. 23, J. 13.
54. Tagung d. Dtsch. Gesellsch. für Bäder- und Klimaheilkunde. Wien 1939.

Malmendier: Der Einfluß der Temperaturerhöhung auf die chem.-physikal. Beschaffenheit der Luft und die dadurch bedingten Rückwirkungen. Ges. Ing. 19/1928.

Mekowskij: Die Einflüsse der inneren Zirkulation auf den Effekt der Ventilation. Gig. i. pat. Truda 1929.

Meixner: Der Einfluß der Luftelektrizität bei Lüftungs- und Klimaanlagen. Ges. Ing. 1937.

Minra: Die Wirkung der Veränderung der relativen Feuchtigkeit auf die Hauttemperatur und das allgemeine Wohlbefinden. Amer. J. of Hygien. 1931.

Merkel: Arch. f. Hyg. 1892, Bd. 15.

Metten: Veränderungen des Blutes nach Inhalation von negativ unipolarem Nebel. Diss. Köln 1935.

Naeslund: Das Problem der Wohnungslüftung. Nord. med. Tidskr. 1935.

Ueber die Frage zur Lüftung des Krankenhauses. Z. f. Hyg., Bd. 27.

Niemczik: Wirkung der ionisierten Luft auf Tbc-infizierte Meerschweinchen. Mag. Rö. Kozl. *29*, 310.

Paul: Die Wirkung der Luft bewohnter Räume. Z. f. Hyg. 49/1905.

Peth: Ueber Lüftung und Befeuchtung der Luft in Schulräumen. Ges. u. Erzhg. 1938.

Pfaff: Der Staub im Ultraviolettlicht. Schweiz. med. Wschr. 1933, Nr. 2.

Phelps und Volde: Lüftungsstudien. Die Hauttemperatur und ihre Beziehung zur Temperatur und Feuchtigkeit. Amer. J. f. publ. health 24/1934.

Rigobello: Experimentelle Betrachtungen über die Unverträglichkeit trockener Luft in beheizten Räumen und die Notwendigkeit rationeller Befeuchtung. Riv. internaz. Ingegen. san. e urban 1934.

Rubner: Archiv f. Hyg., Bd. 38. Die Luft des Wohnraums.

Rubner und Wolpert: Arch. f. Hyg., Bd. 36, 1899 und Grundlagen für die Beurteilung der Luftfeuchtigkeit in Wohnräumen. Arch. f. Hyg., Bd. I.

Rubner und Lewascheff: Ueber den Einfluß der Feuchtigkeitsschwankungen unbewegter Luft auf den ruhenden Menschen. Arch. f. Hyg. 38.

Samogloff: Ueber die Ventilation der Schulen mit nichterwärmter Luft. Sovet pediatr. 5, 1935.

Siemholz: Ueber die Inhalation unipolar beladener Luft. Diss. Köln 1936.

Strauß: Klin. Wschr. 12, 1933. Die Luftgeschwindigkeit. Lufttemperatur u. d. Wärmeabgabe.

Süpfle: Luft und Lüftung der Wohnung. Med. Klinik 2, 1937.

Schoser: Ueber den Elektrizitätsgehalt der Luft und dessen Einfluß auf wetterempfindliche Menschen. Schweiz. med. Wschr. 17/1928.

Schmidt: Wer ist zu Erkältungen disponiert? Dtsch. med. Wschr. 2, 1932.

Schwarz: Der Einfluß der Luftbeschaffenheit auf die geistige Leistungsfähigkeit der Schüler. Z. f. Hyg. 95/1925.

Thomsen: Wetter und Krankheit. Pract. Tbc-bl. 9/1932.

Tschijevsky: l'airoionisation, une facteure physiologique et therapeutique, prophylactique et comme une nouvel element sanitaire hygienique de l'air conditionne.
Acta med. scand. 1938.

Applications therapeutique de l'airo-ionisation négative artificielle.
Acta med. scand. 1938.

Vasil'ev: Zur Frage der Ventilation von Wohn- und Schulräumen. Gig. i. epidem. 9/1929.

Weiß: Die hygienischen Grundlagen der Lüftungstechnik.
Arch. f. Hyg. 96.

Wigand: Die Luftelektrizität der freien Atmosphäre. 1925.

Wietfeld: Die Be- und Entlüftung des Arbeitsraumes.
Z. f. Gewerbehygiene. 27/1936.

Wohlfeil: Ueber die Wirkung neuerer Luftbefeuchter auf den Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft.
Z. f. Hyg. 30/1935.

Wolf: Ueber Zimmerluftbefeuchtung. Arch. f. Hyg. 106/1921.

Wolpert: Arch. f. Hyg. 1905, Bd. 47. Die CO_2-Anreicherung der Luft und d. Einfluß auf die CO_2-Abgabe durch die Lunge.

Yaglou, Benjamin und Brandt u. a. m.: Der Einfluß der Atmung auf den Ionengehalt in bewohnten Räumen.
H. ind. Hyg. 1933.

Beobachtung an einer Reihe von Personen während und nach der Einwirkung ionisierter Luft.
J. ind. Hyg. 15/1933.

LEBENSLAUF.

Ich wurde am 3. 11. 1911 in Straßburg im Elsaß als Sohn des Reichsbahnoberinspektors Emil B o d i e n und dessen Ehefrau Adeline, geb. Hörmann, geboren. Meine frühe Jugend und die erste Schulzeit verlebte ich in meiner Geburtsstadt, bis meine Eltern nach dem unglücklichen Ausgang des Weltkrieges das Elsaß verlassen mußten. Wir siedelten nach Offenbach am Main über. Hier trat ich 1921 in die Oberrealschule ein, die ich nach bestandenem Abitur 1931 verließ, um mich dem medizinischen Studium zuzuwenden. Ich studierte in Wien und in Frankfurt am Main. Anfang des Jahres 1932 verlegten wir unseren Wohnsitz nach Frankfurt am Main, und im Juli desselben Jahres starb mein Vater nach kurzem Krankenlager. Das Physikum legte ich im Frühjahr 1934, das Staatsexamen im Mai des Jahres 1937 ab. Im Juni 1937 heiratete ich Charlotte W i l l e aus Offenbach am Main. Während des praktischen Jahres war ich ein halbes Jahr an der Medizinischen Univ.-Poliklinik zu Frankfurt am Main und weitere 6 Monate auf der chirurgischen Abteilung des Bürgerhospitales zu Frankfurt. Die Bestallung als Arzt erhielt ich am 10. 6. 1938. Zur Zeit bin ich Assistent an der chirurgischen Abteilung des Bürgerhospitals Frankfurt am Main.